Journal of Geography and Regional Development Vol 21, No. 3 (2023) – Serial Number 44

https:// doi.org/10.22067/jgrd.2023.83607.1307

Scenarios for the Future Water Crisis in Taibad City using a Future Research Approach

Morad Kaviani Rad [1]
Associate Professor, Department of Political Geography, Kharazmi University, Tehran, Iran

Hamid Reza Golsoomiyan
PhD Candidate in Political Geography, Kharazmi University, Tehran, Iran

Zakeyeh Aftabi
PhD Candidate in Political Geography, Kharazmi University, Tehran, Iran

Received: 25 July 2023 Revised: 28 August 2023 Accepted: 9 September 2023

Abstract

The main purpose of this study was to compile scenarios for the water crisis in Taibad city. A descriptive-analytical method was used for this study. Seventy-one indicators formulated in the form of 3 main components (management, economic-technical, and geographical-natural components) using library studies and interviews with experts. MICMAC and Scenario Wizard were used for data analysis. The results showed that the key drivers that impact on the water crisis in Taibad city are excessive consumption of water resources in the agricultural sector, inefficient management of water resources, attempts at inappropriate development (measures aimed at unsustainable development), excessive withdrawal from underground aquifers, lack of attention to the water crisis in development plans, and climate change. In line with the key drivers and possible situations, the output of the scenario wizard software in the form of five strong and probable scenarios showed that out of the 18 situations governing the scenario page, the situations that describe the water crisis scenarios in Taibad city as critical are the most possible situations, taking 38.88% of the situations governing the scenario page. Using the results of the research, three groups of scenarios were formulated: The most likely scenario (critical scenario), the scenario with slow changes (continuation of the current trend), and the weakest scenario (ideal scenario). Therefore, the situation facing the water crisis in Taibad city is critical. Forecasting the future of developments related to the water crisis from the point of view of futures research requires addressing governmental management and economic policies and national-local agents in the optimal management of water resources and controlling the repercussions of the crisis.

Keywords: Water Crisis, Future Research Approach, Crisis Situation, Taibad City.

1. Corresponding author. Email: kaviani@khu.ac.ir

https:// doi.org/10.22067/jgrd.2023.83607.1307
مقالهٔ پژوهشی-مطالعه موردی

مجلّهٔ جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای، سال بیست و یکم، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۴۰۲، شمارهٔ پیاپی ٤٤

سناریوهای فراروی بحران آب در شهرستان تایباد با رویکرد آینده‌پژوهی

مراد کاویانی راد (دانشیار گروه جغرافیای سیاسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران، نویسنده مسئول)
kaviani@khu.ac.ir
حمیدرضا گلثومیان (دانشجوی دکتری جغرافیای سیاسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران)
hamidreza.golsoomiyan@alumni.um.ac.ir
زکیه آفتابی (دانشجوی دکتری جغرافیای سیاسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران)
aftabi@khu.ac.ir

صص ٣٦٤ ـ ٣٣٥

چکیده

درهم‌تنیدگی آب با توسعه، منابع آب شیرین را در کانون توجه جوامع انسانی و واحدهای سیاسی-فضایی به‌ویژه در مناطق کم بارش جهان، قرار داده است. طی چند دهه اخی، شهرستان کم‌بارش تایباد در خاور ایران، با بحران آب روبه‌رو شده است. مقاله حاضر به تدوین سناریوهای فراروی بحران آب در شهرستان تایباد می‌پردازد. روش‌شناسی حاکم بر پژوهش توصیفی-تحلیلی است. درون‌داده‌های مورد نیاز پژوهش (داده و اطلاعات) با روش کتابخانه‌ای و میدانی (مصاحبه و پرسشنامه) گردآوری و با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای Micmac و ScenarioWizard بررسی و مطالعه شده است. نتایج پژوهش نشان داد که مصرف بی‌رویه منابع آب در بخش کشاورزی، مدیریت ناکارآمد منابع آب، تلاش برای توسعه نامناسب، برداشت بی‌رویه از سفره‌های زیرزمینی، کم‌توجهی به بحران آب در برنامه‌های توسعه و دگرش اقلیم از پیشران‌های کلیدی مؤثر بر بحران آب در شهرستان تایباد است. در

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۳ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۰۶ تاریخ تصویب: ۱۴۰۲/۰۶/۱۸

راستای پیشران‌های کلیدی و حالت‌های احتمالی ممکن، خروجی نرم‌افزار Scenario Wizard در قالب سناریوهای قوی و محتمل، نشان داد که از ۱۸ وضعیت حاکم بر صفحه سناریو، وضعیت‌هایی که سناریوهای فراروی بحران آب در شهرستان تایباد را بحرانی بیان می‌کنند، بیشترین وضعیت‌های احتمالی ممکن را در بر می‌گیرند و ۳۸/۸۸ درصد از وضعیت‌های حاکم بر صفحه سناریو را به خود اختصاص دادند. پیش‌بینی آینده تحولات پیونددار با بحران آب از دید آینده‌پژوهی نیازمند پرداختن به سیاست‌های مدیریتی و اقتصادی دولت و کارگزاران ملی-محلی در مدیریت بهینه منابع آب و کنترل بازتاب‌های بحران یاد شده است.

واژگان کلیدی: بحران آب، رویکرد آینده‌پژوهی، وضعیت بحرانی و شهرستان تایباد.

۱. مقدمه

پیدایش، ماندگاری و پایداری زیست و زیستگاه انسان، به کارکرد، سلامت و کنش متقابل بنیادهای زیستی وابسته است. زیست‌سپهر به‌همراه زیست‌بوم‌های وابسته و یکپارچه زمین، تجلی‌گاه و کنش‌گاه بنیادهای یاد شده است. بروز هرگونه دگرگونی که به ویرانی و آشفتگی عناصر و عوامل محیط‌زیست بینجامد به تهدید زیست و ناامنی زیستگاه‌ها و مخاطره آینده و تمدن بشر خواهد انجامید. بر بنیاد داده‌ها، امروزه بشر یک و نیم برابر، بیش از ظرفیت و توانش محیط‌زیست زمین از آن برداشت می‌کند (جائو[1] و همکاران، ۲۰۲۱، ص. ۲) یا بر آن اضافه‌بار محیطی (جمعیت، فعالیت و سازه) بار کرده است. برونداد این وضعیت در بسیاری از زیست‌بوم‌های مناطق گوناگونِ زمین در قالب تخلیه و تهی‌سازی منابعی مانند کیفیت هوا، آب و خاک، تخریب اکوسیستم‌ها، تخریب زیستگاه‌ها، نابودی حیات‌وحش، گرم شدن کره زمین، دگرگش‌های اقلیمی، آلودگی و کاهش منابع محدود آب شیرین نمود یافته است. با وجود اینکه ۷۱ درصد از سطح زمین را آب در بر گرفته است (بولت[2] و همکاران، ۲۰۲۰، ص. ۱٤۲۳۳؛ هاگلند و سورگ[3]، ۲۰۰۲، ص. ۲۰۲)، تنها ۲/۵ درصد از آب موجود در جهان را آب شیرین

1. Gao
2. Bolt
3. Haglund and Sorg

تشکیل می‌دهد (اووسو[1] و همکاران، ۲۰۱۶، ص. ۲) که حدود ۹۹ درصد آن در یخچال‌ها و کلاهک‌های یخی، رطوبت خاک و عمق بسیار زیاد قرار دارد و دسترسی به آن وجود ندارد (سیور و احمد[2]، ۲۰۱٤، ص. ۲)؛ بنابراین، فقط حدود یک درصد از منابع آب شیرین (بانادوک[3]، ۲۰۲۲، ص. ۲) و ۰/۰۰۷ درصد از کل منابع آب (ولف[4]، ۲۰۰۷، ص. ۲٤۲) برای استفاده انسان در دسترس است و به‌طور نابرابر توزیع شده است (سلامه[5] و همکاران، ۲۰۲۱، ص. ۱۰). در این میان، پیدایش، پایداری و ماندگاری زیست و زیستگاه جوامع انسانی به‌شدت در پیوند با همین مقدار اندک منابع آب شیرین در دسترس بوده است؛ ازاین‌رو هرگونه تهدید کمی و کیفی منابع آب شیرین تهدید بقا و مدنیت انسان‌ها است. آب، محور تولید انرژی و غذا، توسعه پایدار، توسعه اجتماعی–اقتصادی و اکوسیستم‌های سالم است و برای بقای انسان حیاتی به‌شمار می‌رود. تا چندین دهه پیش تأثیر انسان بر منابع آب، اندک و محلی بود، اما طی چند دهه گذشته برخاسته از افزایش جمعیت و گسترش کشاورزی آب‌بر، مصرف آب به‌شدت افزایش یافته است؛ به‌گونه‌ای‌که میزان مصرف بر میزان جایگزینی آن در بسیاری از مناطق جهان پیشی گرفته و به بروز بحران به‌ویژه در مناطق کم بارش زمین انجامیده است. بر پایه آمار سال ۲۰۲۲ صندوق کودکان سازمان ملل متحد[6]، چهار میلیارد نفر –نزدیک به دو سوم جمعیت جهان– هر سال دست‌کم یک ماه درگیر کمبود شدید آب هستند، بیش از دو میلیارد نفر در کشورهایی زندگی می‌کنند که تأمین آب آن‌ها ناکافی است و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۵ نیمی از جمعیت جهان ممکن است در مناطقی زندگی کنند که با کمبود آب مواجه هستند. ممکن است تا سال ۲۰۳۰ نزدیک به ۷۰۰ میلیون تن به دلیل کمبود شدید آب آواره شوند و تا سال ۲۰٤۰، تقریباً از هر چهار کودک در سراسر جهان یک نفر در مناطقی زندگی کند که تنش آبی بسیار زیاد دارد (یونیسف[7]، ۲۰۲۱). بر پایه گزارش سازمان ملل، انتظار می‌رود جمعیت جهان در سال ۲۰۳۰ به ۸/٦ میلیارد نفر، در سال ۲۰۵۰ به

1. Owusu
2. Siwar and Ahmed
3. Banaduc
4. Wolf
5. Salame
6. United Nations Children's Fund (Unicef)
7. Unicef

۹/۸ میلیارد و در سال ۲۱۰۰ به۱۱/۲ میلیارد تن برسد (سازمان ملل[1]، ۲۰۲۲). افزایش جمعیت جهان به‌عنوان واقعیتی آشکار به کاهش دسترسی به آب شیرین انجامیده است (وادا[2] و همکاران، ۲۰۱٦، ص. ۷۳٦). با افزایش جمعیت، تقاضا و فشار بر منابع آب (پتلت-گراد و همکاران[3]، ۲۰۱۸، ص. ٦۱۹) رو به گسترش است. شهرنشینی شتابان، نبود مدیریت مناسب در بهره‌برداری از منابع آب (کوزداس و همکاران[4]، ۲۰۱٦، ص. ۱۳۸۸)، دگرش اقلیم و خشک‌سالی‌های پیاپی از دیگر عوامل تأثیرگذار بر کمبود منابع آب هستند. این وضعیت در مناطق و کشورهای روی نوار بیابانی زمین ژرفا و گسترش بیشتری داشته است. ایران از آن دست کشورهای روی نوار بیابانی زمین است که به‌ذات سرزمینی کم بارش و خشک به‌شمار می‌رود و برخاسته از افزایش مصرف به‌ویژه در بخش کشاورزی به‌شدت درگیر بحران آب است. میزان بارش از باختر به خاور و از شمال به جنوب شرق کاهش می‌یابد؛ ازاین‌رو مناطق شرقی درگیر بحران شدیدتر منابع آب هستند. شهرستان تایباد در خاور ایران با ارتفاع بارش ۱٤۳ میلی‌متر در سال ۱٤۰۱ و اُفت مخزن بلندمدت ۲۸/٦۹- میلیون متر مکعب (آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی، ۱٤۰۱، ص. ۵) با اضافه برداشت ٤٤/۳٤ میلیون متر مکعب آب از چاه‌های مجاز در بخش‌های کشاورزی (۱۷/۸۲)، آشامیدنی و بهداشت (۳/۷۷)، صنعت (۰/۲۲) و خدمات (۰/۳٦) در سال ۱٤۰۱ مواجه بوده است (آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی، ۱٤۰۱، ص. ۱۳)؛ با وجود این، سند آمایش استان خراسان رضوی در بخش تخصیص و اولویت‌های توسعه استان، در کنار توسعه گمرک بین‌المللی برای صدور انواع کالا و موسیقی محلی، توسعه کشاورزی را در اولویت توسعه شهرستان تایباد در افق ۱٤۰٤ قرار داده است (سند آمایش استان خراسان رضوی، ۱۳۹۹، ص. ۱٦)؛ ازاین‌رو پژوهش پیش‌رو با این پرسش که «محتمل‌ترین سناریوی فراروی بحران آب در شهرستان تایباد کدام است؟» با بهره‌گیری از رویکرد آینده‌پژوهی، به شناسایی مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر بحران آب در

1. Un: United Nations
2. Wada
3. Petelet-Giraud
4. Kuzdas

شهرستان تایباد و درنهایت به واکاوی محتمل‌ترین سناریوی پیش روی بحران آب در شهرستان تایباد پرداخته است.

۲. پیشینه تحقیق

در زمینه بحران آب در شهرستان تایباد پژوهش درخوری انجام نشده است. پژوهشگران ناگریز به بررسی مطالعات پژوهشی که از نظر موضوع، محتوا و روش به پژوهش حاضر نزدیک است، می‌پردازند و تجربه دیگر کشورها نیز آورده می‌شود.

ولایتی (۱۳۸۵) در مقاله‌ای با عنوان «بررسی بحران آب استان خراسان (شمالی، رضوی، جنوبی)» نشان داد که عامل اصلی بحران آب در این استان‌ها اضافه برداشت‌های مستمری است که توسط چاه‌های عمیق از آبخوانه دشت‌ها صورت می‌گیرد و پیامدهای بحران آب را در این استان‌ها، افزایش هزینه پمپاژ آب، شور شدن آب زیرزمینی، نشست زمین و مشکلات زیست‌محیطی بیان کرد. صالحی و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله‌ای با عنوان «کاربرد نظریه بازی‌ها در تعیین میزان برداشت بهینه از منابع آب زیرزمینی تایباد» بیان کردند، تعیین میزان بهینه برداشت از منابع آب، نقش مهمی در پایداری منابع کمیاب در این شهرستان دارد. شاهدی و طالبی حسین‌آباد (۱۳۹۲) در مقاله‌ای با عنوان «ارائه چند شاخص کاربردی به‌منظور بررسی تعادل منابع آب و پایداری توسعه؛ مطالعه موردی حوضه آبریز قره قوم» تایباد را به‌عنوان زیرحوضه قره‌قوم بررسی کرده و آن را از نظر منابع آب در شرایط بحرانی معرفی کردند. آن‌ها بیان کردند که تراکم جمعیت در این زیرحوضه با منابع آب موجود تطابق ندارد. سرپرست[1] و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان «ارزیابی برنامه‌های اقدام مبارزه‌ای بر روند خطر بیابان‌زایی: مطالعه موردی منطقه تایباد– باخرز (شمال شرق ایران)» بیان کردند که بی‌توجهی به فعالیت‌های انسان مانند فعالیت کشاورزی، پمپاژ بیش‌ازحد منابع آب زیرزمینی و دیگر عواملی که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم با معیشت مردم در ارتباط است، منجر به افزایش خطر بیابان‌زایی در این منطقه شده است و نتایج حاکی از روند خطر بیابان‌زایی در این منطقه است. سامعیان و همکاران (۲۰۲۲) در مقاله‌ای با عنوان «ایران در دو دهه گذشته چقدر آب از

1. Sarparast

دست داده است؟» نشان دادند که در دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۳ میزان هدررفت آب ایران km^3 ۳٤±۲۱۱ بوده است و بیان کردند در این دوره زمانی میانگین سطح آب زیرزمینی ایران روند منفی معناداری را نشان می‌دهد. آن‌ها حوضه قره‌قوم را به‌عنوان حوضه‌هایی معرفی کردند که بیشترین میزان سطح آب زیرزمینی را از دست داده است. رضاییان و رضایان (۱۳۹۵) در مقاله‌ای به آینده‌پژوهی بحران آب در ایران با روش سناریوپردازی پرداخته است. بهشتی و همکاران (۱۳۹۹) در مقاله‌ای با عنوان «سناریوهای مدیریت منابع آب بر مبنای رویکرد آینده‌پژوهی» از روش توسعه سناریو برای انجام این مقاله بهره برده است. زینتی فخرآباد و عسکری مقدم (۱٤۰۰) به آینده‌پژوهی پیامدهای امنیتی بحران منابع آب در نواحی مرزی ایران پرداخته است. آفتابی و همکاران (۱٤۰۲) در مقاله‌ای با عنوان «تبیین سناریوهای فراروی مناسبات هیدروپلیتیک رودخانه‌های مرزی ایران و عراق» با استفاده از نرم‌افزارهای Micmac و Scenario Wizard به آینده‌پژوهی مناسبات دو کشور ایران و عراق پرداختند. کرکسچ[1] (۲۰۱۹) در مقاله‌ای با عنوان «سناریوهایی برای خشک‌سالی مقاوم و مدیریت کم‌آبی در انگلستان و ولز» چهار سناریو پذیرس افول، برخاستن از چالش، تکیه بر شانش و پذیرش منفعل را بررسی کردند. سوزا موریرا[2] و همکاران (۲۰۲۱) در مقاله‌ای با عنوان «سناریوهای آینده برای توسعه صنعت نمک‌زدایی در زمینه کمبود آب: مطالعه موردی برزیل» با بهره‌گیری از روش برنامه‌ریزی سناریو به تحلیل چهار سناریو تضعیف، توسعه کامل، رشد متوسط و ادامه روند فعلی صنعت نمک‌زدایی در این کشور پرداختند.

۳. روش‌شناسی تحقیق

۳. ۱. محیط‌شناسی تحقیق

شهرستان تایباد در شمال خاوری ایران و جنوب خاوری استان خراسان رضوی قرار دارد. بر پایه آخرین تقسیمات کشوری، این شهرستان دارای دو بخش (مرکزی و میان‌ولایت)، چهار دهستان (پایین‌ولایت، کرات، دشت تایباد و کوهسنگی)، سه نقطه شهری (تایباد، کاریز و

1. Crecksch
2. De souza Moreira

مشهدریزه) و ٣٤ نقطه روستایی دارای سکنه است (فرمانـداری شهرسـتان تایبـاد، ۱۳۹۹: ص ۲۸).

جدول ۱. شناسه‌های جمعیتی شهرستان تایباد

مأخذ: مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵

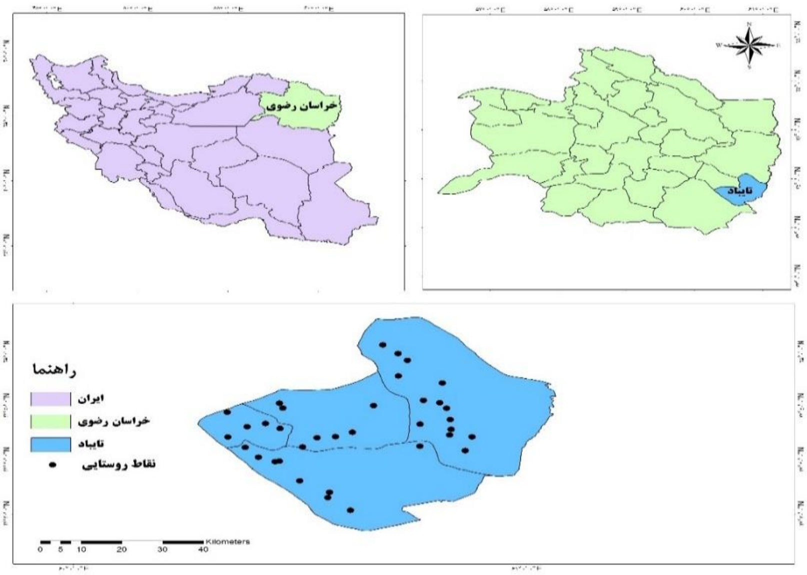
شهرستان	مساحت (کیلومتر)	جمعیت (نفر)	نرخ رشد (درصد)	تراکم (درصد)	شهرنشینی (نفر)	روستانشینی (نفر)	روستا	دهستان	بخش
تایباد	۲۹۲۹/۰٦	۱۱۷٥٦٤	۲/۱	٤۰/۱۳	۷۷۷٦۹	۳۹۷۹۳	٣٤	٤	۲

این شهرستان در منطقه خشک و نیمه‌خشک کشور بـا بحـران آب روبـه‌رو اسـت (جهـاد کشاورزی شهرستان تایباد، ۱٤۰۰، ص. ٥۷). بیشترین میـزان مصـرف آب شهرسـتان تایبـاد بـا حجم کل ۸۹/۲ میلیون متر مکعب در سال ۱٤۰۱ به بخش کشـاورزی (جـدول ۲) اختصـاص دارد (آب منطقه‌ای خراسان رضوی، ۱٤۰۱، ص ۸).

جدول ۲. حجم برداشت آب (میلیون متر مکعب) در سال ۱٤۰۱ در شهرستان تایباد

مأخذ: آب منطقه‌ای خراسان رضوی، ۱٤۰۱، ص ۸

مصارف	منابع آب سطحی	منابع آب زیرزمینی	جمع
کشاورزی	۱/٦	۸۷/٦	۸۹/۲
شرب و بهداشت	۰/۰	۱٤/۳	۱٤/۳
صنعت	۰/۰	۰/٦	۰/٦
خدمات	۰/۱	۱/٦	۱/۷
جمع کل	۱/۷	۱۰٤/۲	۱۰٥/۸



شکل ۱. محدوده موردمطالعه

مأخذ: ترسیم نگارندگان، ۱٤۰۲

۳. ۲. مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر ماهیت کاربردی دارد. درون‌داده‌های موردنیاز با روش کتابخانه‌ای و میدانی گردآوری و با رویکرد ترکیبی کمی-کیفی (آمیخته) و تحلیل ساختاری و بهره‌گیری از نرم‌افزارهای Micmac و Scenario Wizar واکاوی شد. در پژوهش پیش رو، ابتدا با مراجعه به منابع کتابخانه‌ای، مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر بحران آب در شهرستان تایباد شناسایی و از طریق مصاحبه با خبرگان صحت آن‌ها بررسی شد. سپس پرسش‌نامه پژوهشگرساخته‌ای در قالب ماتریس تحلیل اثرات، تنظیم شد و در نرم‌افزار Micmac میزان ارتباط متغیرها با حوزه مربوط توسط خبرگان شناسایی شد و شش متغیر به‌عنوان متغیرهای کلیدی پژوهش شناسایی شدند. درمجموع، ۲٦ حالت برای شش متغیر کلیدی در نظر گرفته شد. بر پایه متغیرهای کلیدی و حالت‌های گوناگون آن پرسش‌نامه‌ای به‌صورت متقاطع، طراحی شد و در اختیار جامعه آماری پژوهش قرار گرفت. پرسش‌نامه‌های تکمیل‌شده در نرم‌افزار Scenario wizard از طریق دستور Ensemble وارد شد. وزن‌دهی به پرسش‌نامه

به‌صورت مقایسه‌ای زوجی و میزان ارتباط بین متغیرها با اعداد بین ۳- تا ۳ سنجیده شد. سبد سناریوهای فراروی بحران آب در شهرستان تایباد شناسایی و سناریوهای با سازگاری قوی تحلیل شدند. محتمل‌ترین سناریو شناسایی و راهکارهای مناسب با محتمل‌ترین سناریو تدوین شد. گفتنی است، خبرگان روایی پرسش‌نامه‌های تنظیم‌شده را تأیید کردند.

جدول ۳. مشخصات جامعه آماری تحقیق

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰۲

خبرگان دانشگاه		خبرگان اجرایی		
حوزه تخصصی	**تعداد**	**سازمان**	**تخصص**	**تعداد**
مهندسی منابع آب	٤	فرمانداری شهرستان تایباد	علوم اجتماعی	۱
جغرافیای سیاسی	۹		علوم سیاسی	۱
حقوق آب	۲	جهاد کشاورزی شهرستان تایباد	مهندسی منابع آب	۲
		منابع طبیعی و آبخیزداری تایباد	مهندسی کشاورزی (گرایش آب)	۲
علوم سیاسی	٤	وزارت نیرو	مهندسی منابع آب	۱
		آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی	مهندسی منابع آب	۲

٤. مبانی نظری تحقیق

٤. ۱. امنیت آب

امنیت آب از یک سو دانش‌واژه‌ای (اصطلاح) فراگیر و گسترده است که برای توصیف چالش‌های بی‌شمار آب استفاده می‌شود و از دیگر سو دانش‌واژه‌ای پیچیده است. این پیچیدگی در مفهوم امنیت آب به این دلیل است که دانش واژگان تنش آب[1]، کمبود آب[2] و واژگانی از این دست که تعریف روشنی ندارند، با ناامنی آب، مترادف و یکسان در نظر گرفته

1. Water stress
2. Water scarcity

می‌شوند. تعاریف بسیاری از اصطلاح امنیت آب وجود دارد؛ زیرا این دانش‌واژه توسط بسیاری از جوامع علمی از پزشکان گرفته تا جغرافی‌دانان، سیاست‌مداران و همچنین بسیاری از رشته‌های علمی در سطوح مختلف فردی، خانواده، جامعه و غیره به کار می‌رود. این تعاریف با نگرش به تأکید و برداشت آن‌ها از رفاه، بوم‌سازگان، پایداری، حاکمیت، نیازهای تولیدی و کشاورزی، قابلیت‌های انسانی، روابط اجتماعی و فرهنگی و نیازهای انسانی ناهمسان است.

از دیدگاه مشارکت جهانی آب[1]، امنیت آب هدفی فراگیر است که در آن هر فرد به آب سالم، کافی با هزینه مقرون به‌صرفه دسترسی دارد تا زندگی پاک، سالم و مولد داشته باشد؛ درحالی‌که محافظت و بهبود محیط‌زیست را تضمین می‌کند (سیور و احمد[2]، ۲۰۱٤. ص ٤). گری و سادوف[3] امنیت آب را دسترسی مطمئن به کمیت و کیفیت قابل‌قبول آب برای سلامت، معیشت، نیازهای بوم‌سازگان و تولید همراه با سطح قابل قبولی از خطرات پیونددار با آب برای جوامع انسانی، محیط‌زیست و اقتصاد تعریف می‌کنند (گری و سادوف، ۲۰۰۷، ص. ٥٤٦). گری و همکاران، امنیت آب را سطح قابل‌تحملی از خطرات پیونددار با آب برای جامعه توصیف کرده‌اند (گری و همکاران، ۲۰۱۳ ص. ۱). امنیت آب دسترسی پایدار به مقادیر کمی و کیفی آب کافی برای جوامع و بوم‌سازگان در مواجه با دگرگونی‌های نامطمئن جهانی است (ذاکری و همکاران، ۲۰۲۲ ص. ۳۱)؛ ازاین‌رو امنیت آب به معنای گسترده کلمه از مسائل حیاتی صلح، ثبات و رفاه بوده و خواهد بود.

پژوهشگران و دانشمندان عواملی که امنیت آب را تهدید می‌کنند، به سه گروه تقسیم می‌کنند:

گروه اول عوامل مؤثر بر امنیت آب را عوامل طبیعی ازجمله دگرش اقلیم، رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و غیره می‌دانند؛

1. Global water partnership (GWP) (2000)- (world water council,2000)
2. Siwar & Ahmed
3. Grey & Sadoff

گروه دوم امنیت آب را لزوماً معضلی سیاسی می‌دانند. این گروه استدلال می‌کنند، همان‌گونه که گزارش تولید انسانی سازمان ملل متحد[1] تأکید می‌کند، بحران آب برآیند کمبود آب نیست، بلکه نتیجه قدرت و نابرابری است. برای گروه‌های آسیب‌پذیر جامعه، ناامنی آب و کمبود آبِ دردسترس، گویای توزیع نابرابر حجم، کیفیت و خدمات آب در ساختار نابرابر قدرت است (مارتینز-آلیر[2]، ۲۰۰۲؛ سوسان و آرینس[3]، ۲۰۰٤؛ سوینگدوو[4]، ۲۰۰۵؛ بولنز و ووس[5]، ۲۰۱۲)؛

گروه سوم، عوامل مؤثر بر تهدید امنیت آب را ترکیبی از عوامل طبیعی و عوامل سیاسی (نابرابری قدرت) می‌دانند.

٤. ۲. بحران آب

بحران آب وضعیتی است که منابع آب در یک مکان کمتر از تقاضا و نیاز آن مکان باشد (زرگان و ویز-موسوی[6]، ۲۰۱٦، ص ۱). بحران آب در دهه‌های اخیر به نگرانی فزاینده کارشناسان و دانشمندان حوزه آب و رسانه‌ها تبدیل شده است (بیسواس و ترتجاده[7]، ۲۰۱۹، ص. ۷۲۸). نتیجه کلی غالب تحلیل‌های جهانیِ منابع آب گویای آن است که سهم بزرگی از جمعیت جهان، تا دو سوم، در آینده تحت‌تأثیر کمبود آب قرار خواهند گرفت (براون[8] و همکاران، ۲۰۱۹ ص. ۲۱۹؛ یان[9] و همکاران، ۲۰۱۸ ص. ۳۰۷۱). بحران آب را نمی‌توان تنها خاص مناطق خشک و نیمه‌خشک دانست؛ بلکه ٤۳ کشور جهان درگیر این بحران هستند (خطیبی[10]، ۲۰۱۹، ص ۵۰). در این باره، سازمان ملل متحد هشدار داده است که اگر میزان مصرف آب با روند کنونی ادامه یابد، ۱.۸ میلیارد نفر از مردم جهان تا سال ۲۰۲۵ با کمبود منابع آبی روبه‌رو خواهند شد. همچنین مجمع جهانی اقتصاد، بحران آب را چهارمین بحران

1. United nations human development report
2. Martinez-Alier
3. Soussan & Arriens
4. Swyngedouw
5. Boelens & Vos
6. Zargan & Waez mousavi
7. Biswas & Tortajade
8.Brown
9. Yan
10. Khatibi

احتمالی و دومین بحران تأثیرگذار در سطح جهان دانست (زرگان و ویز–موسوی، ٢٠١٦، ص. ١)؛ ازاین‌رو بحران آب به‌عنوان یکی از چالش‌های بزرگ جهان امروز در برابر امنیت آب قرار می‌گیرد و به موضوع کمبود و کاهش منابع آب، دگرگش‌های آب و هوا، کیفیت نامناسب آب و مجموعه عوامل دیگر اشاره دارد. عوامل گوناگونی به بروز بحران آب انجامیده‌اند که عبارت‌اند از:

عوامل طبیعی: این عوامل شامل دگرگش‌های آب و هوا، خشک‌سالی، سیلاب، افت ظرفیت محیط‌زیست در تأمین آب و غیره هستند که می‌توانند به کاهش منابع آب و کیفیت نامناسب آب منجر شوند (کوک و بیکر[1]، ٢٠١٢ ص. ١٠٠)؛

عوامل اقتصادی: این عوامل شامل رشد جمعیت، توسعه صنعتی و کشاورزی، تغییرات قیمت آب و غیره هستند که می‌توانند تأثیر بسیاری بر مصرف آب داشته باشند (ناگل[2]، ٢٠٠٢ ص. ١٥٩)؛

عوامل اجتماعی: عوامل اجتماعی مانند رفتارهای مصرف‌کننده، نظام مدیریت و تخصیص آب، نحوه مدیریت آب می‌توانند تأثیر بسیاری بر بحران آب داشته باشند (پاچائوری و همکاران[3]، ٢٠١٤ ص. ١٥١)؛

عوامل سیاسی: سیاست‌های دولتی در مدیریت منابع آب، جنگ‌ها و درگیری‌های بین‌المللی بر سر منابع آب، نظام مالکیت منابع آب و نیز اجرای قوانین و مقررات پیوند‌دار با آب می‌توانند به بروز بحران آب منجر شوند (جیانگ[4]، ٢٠١٥ صص. ١٢٥–١٠٦).

بر پایه مطالبی که برشمرده شد، بحران آب نشان می‌دهد که عوامل طبیعی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی می‌توانند بر بحران آب تأثیرگذار باشند و انواع مختلفی از بحران را خلق کند. بحران آب به سه مرحله بحران اولیه، بحران میانی و بحران نهایی تقسیم‌بندی شده است: در بحران اولیه، کمبود آب یا کیفیت نامناسب آب، نیازهای آبی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد؛ در بحران میانی، تأثیرات بحران اولیه به دلیل برطرف نشدن مشکل، افزایش می‌یابد؛ در بحران

1. Cook & Bakker
2. Nagel
3. Pachauri
4. Jiang

نهایی، اثرات بحران اولیه و میانی به‌شدت تشدید می‌شود و می‌تواند به خطر جدی برای سلامت و بقای انسان‌ها و حیات‌وحش، اقتصاد و منابع طبیعی منجر شود (بیسواس و تورتاجادا[1]، ۲۰۱۹ ص. ۹۱۳).

۵. یافته‌های تحقیق

۵. ۱. شناسایی متغیرهای تأثیرگذار بر بحران آب در شهرستان تایباد

در مرحله نخست پس از بررسی پژوهش‌ها، مستندات و پیشینه پژوهش در قالب کتاب، مقاله، اسناد و مدارک، پژوهشگران متغیرهای مؤثر بر بحران آب در شهرستان تایباد را شناسایی کردند. سپس متغیرهای شناسایی‌شده به بوته آزمایش گذاشته شد؛ بدین صورت که با خبرگان پژوهش، مصاحبه نیمه‌ساختاریافته برای بررسی متغیرهای شناسایی‌شده، انجام شد و متغیرها بررسی شدند. در این مرحله شماری از متغیرها حذف، برخی اضافه و تعدادی در هم ادغام شدند. سرانجام، ۷۱ متغیر تأثیرگذار بر بحران آب در شهرستان تایباد در قالب چهار بعد مدیریتی، اقتصادی-فنی، جغرافیایی-طبیعی و سیاسی-اجتماعی شناسایی و تنظیم شد (جدول ٤).

جدول ٤. متغیرهای تأثیرگذار بر بحران آب در شهرستان تایباد

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰۲

بعد	کد	متغیرهای تأثیرگذار بر بحران آب در شهرستان تایباد	میانگین اهمیت متغیر
مدیریتی	X1	مدیریت ناکارآمد منابع آب در شهرستان تایباد	۲/۱
	X2	وجود مدیریت بحران به جای مدیریت ریسک	۱/۱
	X3	نبود اراده در مسئولان مربوط برای تغییر وضعیت از مدیریت بحران (انفعالی) به مدیریت پیشگیرانه (فعال)	۱/۲
	X4	در پیش گرفتن سیاست افزایش جمعیت، بدون برنامه‌ریزی برای مدیریت منابع و مصرف آب	۱/۳
	X5	مصرف بی‌رویه و سوء مدیریت منابع آبی در بخش کشاورزی	۲/٤

1. Biswas & Tortajada

بعد	کد	متغیرهای تأثیرگذار بر بحران آب در شهرستان تایباد	میانگین اهمیت متغیر
	X6	ضعف مدیریت آب‌های سطحی و روان‌آب‌های جاری	۱/۳
	X7	ضعف مدیریت زراعت و باغبانی در اقصا نقاط شهرستان	۱/۸
	X8	نبود برنامه‌ریزی اجرایی برای استفاده از آب‌های مرزی و مشترک که از کشور خارج می‌شود	۱/٤
	X9	نبود الگوهای کشت بهینه	۱/۲
	X10	انتقال آب از چاه‌های عمیق تایباد به سنگ معدن سنگان خواف	۲/۸
	X11	کم بودن بهره‌وری آب کشاورزی و راندمان آبیاری	۱/۸
	X12	تفکیک نشدن آب شرب و بهداشتی	۱/٤
	X13	تلاش برای توسعه نامناسب	۱/۲
	X14	نبود سند توسعه آب	۱/۸
	X15	نبود مشارکت ذی‌نفعان در بهره‌برداری و حفاظت از منابع آب	۱/٦
	X16	نبود تطابق محصولات کشاورزی با ظرفیت‌های اکولوژیکی	۲/٥
	X17	تداوم روش‌های غلط آبیاری مثل آبیاری غرقابی	۱/٦
	X18	آلوده کننده‌های منابع آب (کود و آفت‌کش)	۱/٤
	X19	الگوی کشت سنتی آب‌بر	۱/۳
	X20	برداشت‌های بی‌رویه از سفره‌های زیرزمینی	۲/۹
	X21	ساختار نامناسب حکمرانی آب	۱/۷
	X22	ضعف سیاسی سازمان حفاظت از محیط‌زیست و فقدان نگرش درازمدت	۱/۱
	X23	افزایش شمار چاه‌های عمیق و نیمه عمیق بدون مجوز	۱/٦
	X24	صادرات آب (آب مجازی) با صادرات محصولات کشاورزی	۲/۲
	X25	تخریب سازه‌های آب‌رسانی (کانال‌های آبیاری)	۱/۳
	X26	ناهماهنگی نهادها و دست‌اندرکاران مدیریت منابع آب	۱/۲
	X27	آبیاری فضای سبز شهری با آب آشامیدنی	۱/۸
	X28	شست‌وشوی معابر با آب آشامیدنی	۱/۳
اقتصادی-فنی	X29	آبزی‌پروری و آلودگی آب	۱/۲
	X30	افزایش صادرات آب مجازی یا پنهان با کشت محصولات آب‌بر (هندوانه و خربزه)	۲/٥
	X31	نبود رعایت استانداردها در بخش‌های صنعتی	۱/۷
	X32	فعالیت‌های دامداری	۱/٤
	X33	نامناسب بودن شکل و وسعت مزارع در ارتباط با مقدار آب و نحوه آبیاری	۱/٥

بعد	کد	متغیرهای تأثیرگذار بر بحران آب در شهرستان تایباد	میانگین اهمیت متغیر
	X34	قیمت‌گذاری نامناسب منابع آب	۱/۱
	X35	نبود شبکه توزیع یکپارچه آب	۱/۳
	X36	نبود حوضچه‌های تغذیه مصنوعی	۱/۸
	X37	چرای بی‌رویه دام	۱/۲
	X38	توسعه صنایع آب‌بر	۱/۳
	X39	ظرفیت‌های استفاده نشده سدهای مخزنی به دلیل کمبود یا فقدان شبکه آبیاری مناسب	۱/٦
	X40	تأمین نشدن به‌موقع منابع مالی مورد نیاز برای اجرای پروژه‌های آبی	۱/۳
	X41	اتخاذ تصمیمات نادرست درمورد تخصیص آب وتوانایی نداشتن کشاورزان در بهینه‌سازی آبیاری	۱/۲
	X42	نبود آب‌شیرین‌کن صنعتی	۱/۱
	X43	فرسودگی شبکه آب‌رسانی شهری و روستایی	۱/۹
	X44	تصویه نشدن فاضلاب و پساب	۱/۳
جغرافیایی – طبیعی	X45	موقعیت جغرافیایی بالادستی افغانستان	۱/۲
	X46	افزایش میزان دما در منطقه	۱/۸
	X47	کاهش حجم فضاهای خالی و نشست زمین	۱/۷
	X48	افت بارندگی در مقایسه با روند بلندمدت	۱/۹
	X49	تغییر اقلیم	۲/۷
	X50	تبخیر و تعرق زیاد	۱/۲
	X51	نبود تطابق مکانی آب و خاک	۱/۵
	X52	نبود تطابق زمانی بارش و فصل مصرف	۱/۲
	X53	گرمایش جهانی	۱/۳
	X54	کاهش بارش و پراکنش ناهمگون آن	۱/۳
	X55	افت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی	۱/۸
	X56	شور شدن تدریجی آبخوان‌ها	۱/۷
	X57	روند کاهنده بارش در منطقه	۱/۹
	X58	خشکسالی‌های پیاپی	۱/۹
	X59	از بین رفتن پوشش گیاهی منطقه و تضعیف آبخوان‌ها	۱/۱
	X60	افزایش بیش‌ازحد تبخیر از سطح زمین به علت گسترش و پیش روی کویر	۱/۸
اجتما ی	X61	افزایش سطح زندگی	۱/۱

بعد	کد	متغیرهای تأثیرگذار بر بحران آب در شهرستان تایباد	میانگین اهمیت متغیر
	X62	پایین بودن سطح سواد زیست‌محیطی شهروندان	۱/۹
	X63	کم‌توجهی به بحران آب در برنامه توسعه	۱/۸
	X64	تغییر سبک زندگی	۱/٤
	X65	افزایش جمعیت و افزایش مصرف آب	۱/۹
	X66	پراکندگی نامناسب جمعیت	۱/۱
	X67	مهاجرت و خالی از سکنه شدن روستاها	۱/۲
	X68	منازعات ذی‌نفعان در تخصیص آب	۱/۳
	X69	کاهش تولیدات کشاورزی و تهدید امنیت غذایی	۱/۸
	X70	منازعات بالادست و پایین‌دست	۱/٦
	X71	گسترش فزاینده حاشیه‌نشینی	۱/۲

۵. ۲. شناسایی متغیرهای کلیدی (پیشران‌های) مؤثر بر بحران آب در شهرستان تایباد

در این پژوهش پس از شناسایی متغیرهای تأثیرگذار بر بحران آب در شهرستان تایباد، پرسش‌نامه پژوهشگرساخته‌ای در قالب ماتریس اثرات متقاطع تنظیم شد و در اختیار خبرگان پژوهش قرار گرفت تا با بهره‌گیری از نظر خبرگان دانشگاهی و مدیران اجرایی به بررسی میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری متغیرها پرداخته شود. نتایج پرسش‌نامه وارد نرم‌افزار Micmac شد. خروجی این نرم‌افزار شش متغیر کلیدی مؤثر بر بحران آب در شهرستان تایباد را نشان داد.

جدول ۵. تحلیل اولیه داده‌های ماتریس اثرات متقابل

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰۲

شاخص	ابعاد ماتریس	تعداد تکرار	صفر	یک	دو	سه	P	جمع	درصد پُرشدگی
مقدار	۷۱* ۷۱	۲	٦۳۱	٤۱۷	۹۲٤	۱۰۹۳	٤٤	۳۱۰۹	۹۱ /۰۸۸

در تحلیل انجام‌شده، ابعاد ماتریس در نرم‌افزار میک‌مک ۷۱*۷۱ بوده و تعداد تکرارها دو بار در نظر گرفته شده است. شاخص پُرشدگی ماتریس نیز ۹۱/۰۸۸ درصد است که این میزان نشان می‌دهد بیش از ۹۱ درصد، متغیرها بر یکدیگر تأثیر داشته یا از هم تأثیر پذیرفته‌اند. از

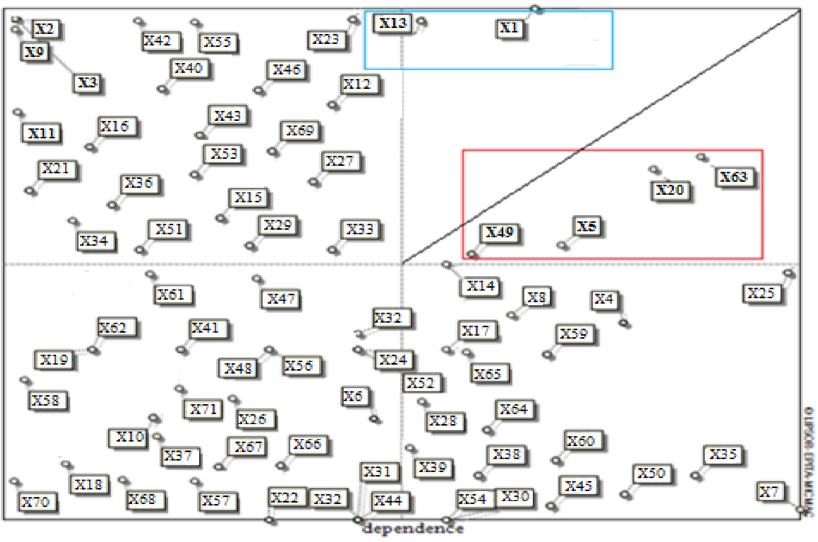
مجموع ۳۱۰۹ رابطه قابل‌شناسایی، ٦۳۱ رابطه بدون تأثیرگذاری یا تأثیرپذیری (صفر)، ٤۱۷ رابطه دارای اثرات متقاطع (۱)، ۹۲٤ رابطه دارای اثرات متقاطع (۲) و ۱۰۹۳ رابطه دارای اثرات متقاطع (۳) و ٤٤ رابطه اثر بالقوه (P) دارند. نتایج گویای آن است که تعداد روابط با اثرگذاری زیاد نسبت به دیگر روابط بیشتر است و روابط با تأثیر بالقوه، درصد کمی از مجموع روابط تشکیل را داده است.

جدول ٦. درجهٔ مطلوبیت و بهینه‌شدگی ماتریس

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰۲

محدوده	تأثیرپذیری	تأثیرگذاری	چرخش
شهرستان تایباد	٪۹۹	٪۹٦	۱
	٪۹۹	٪۹۸	۲

۵. ۳. تحلیل سیستم و تعیین تأثیرگذاری-تأثیرپذیری متقابل متغیرها بر یکدیگر



شکل ۲. نمودار پراکندگی متغیرهای مستقیم و جایگاه آن در محور تأثیرگذاری-تأثیرپذیری

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰۲

در نمودار پراکندگی چهار گروه از متغیرها به شرح زیر قابل‌شناسایی هستند:

متغیرهای دووجهی: این متغیرها با قرارگیری در بخش شمال شرقی نمودار، تأثیرگذاری و تأثیرپذیری زیادی دارند. این متغیرها کلیدی به‌شمار می‌روند؛ زیرا هم بر پویایی سیستم تأثیرگذارند و هم قابلیت کنترل دارند و به دو دسته متغیرهای ریسک و هدف تقسیم می‌شوند: متغیرهای ریسک زیاد خط قطری در این ناحیه قرار دارند و از اهمیت بیشتری برخودارند؛ متغیرهای هدف در زیر خط قطری این ناحیه قرار دارند و در درجه اهمیت کمتری در مقایسه با متغیرهای ریسک قرار دارند؛

متغیرهای تأثیرگذار: این متغیرها در قسمت شمال غربی محور مختصات، تأثیرگذاری زیاد و تأثیرپذیری کم دارند و به علت تأثیرپذیری کم، این متغیرها کلیدی به شمار نمی‌آیند؛

متغیرهای مستقل: این متغیرها در قسمت جنوب غربی نمودار پراکندگی قرار دارند و دارای تأثیرگذاری و تأثیرپذیری کم هستند؛

متغیرهای وابسته: این متغیرها با قرارگیری در قسمت جنوب شرقی محور مختصات تأثیرگذاری کم و تأثیرپذیری زیاد دارند.

با نگرش به شکل ۲ و توضیحات مذکور، شش متغیرِ مدیریت ناکارآمد منابع آب در شهرستان تایباد (x1)، مصرف بی‌رویه منابع آب در بخش کشاورزی (x5)، تلاش برای توسعه نامناسب (x13)، برداشت بی‌رویه از سفره‌های زیرزمینی (x20)، تغییر اقلیم (x49) و کم‌توجهی به بحران آب در برنامه توسعه (x63) به عنوان متغیرهای کلیدی انتخاب شدند.

٥. ٤. شرح حالت‌های احتمالی متغیرهای کلیدی

برای تدوین سناریوهای محتمل ابتدا شرح حالت‌های احتمالی که ممکن است برای هر متغیر کلیدی رخ دهد، مطابق جدول ۷ بیان می‌شود.

جدول ۷. شرح حالت‌های احتمالی ممکن برای متغیرهای کلیدی تأثیرگذار بر بحران آب در شرستان تایباد

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

کد	متغیر کلیدی	حالت	شرح حالت‌های احتمالی	وضعیت
A	مدیریت منابع آب	A1	منابع آبی به‌صورت کاملاً کارآمد و بهینه مدیریت می‌شوند.	مطلوب
		A2	هیچ تلاشی برای بهبود وضعیت منابع آبی انجام نمی‌شود.	ایستا
		A3	بهبود نسبی در مدیریت منابع آب حاصل شود.	نیمه‌بحرانی
		A4	منابع آبی به‌صورت کاملاً ناکارآمد و بحران‌زده مدیریت می‌شوند.	بحرانی
B	مصرف بی‌رویه منابع آب در بخش کشاورزی	B1	از مصرف بی‌رویه آب در بخش کشاورزی به‌طور کامل جلوگیری می‌شود.	مطلوب
		B2	جلوگیری نسبی از مصرف بی‌رویه منابع آب	نیمه‌مطلوب
		B3	به روند موجود ادامه داده می‌شود.	نیمه‌بحرانی
		B4	مصرف آب در بخش کشاورزی نسبت به قبل افزایش شدیدی می‌یابد.	بحرانی
C	تلاش برای توسعه نامناسب	C1	برنامه‌ریزی اصولی در زمینه توسعه	مطلوب
		C2	ادامه روند موجود	ایستا
		C3	انجام برنامه‌های توسعه‌ای کم توجه به پیامدها و بازتاب‌های ممکن	بحرانی
D	برداشت‌های بی‌رویه از سفره‌های زیرزمینی	D1	تقویت و تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی	مطلوب
		D2	ادامه روند موجود	ایستا
		D3	فرونشست و مرگ پنهان زمین	بحرانی
E	کم‌توجهی به بحران آب در برنامه توسعه	E1	توجه نسبی به بحران آب در برنامه توسعه	نیمه مطلوب
		E2	توجه اصولی به بحران آب در برنامه توسعه	مطلوب
		E3	ادامه روند موجود	ایستا
		E4	در نظر گرفتن نسبی بحران آب در برنامه توسعه	نیمه‌بحرانی
		E5	در نظر نگرفتن بحران آب در برنامه‌های توسعه	بحرانی
F	تغییر اقلیم	F1	بهبود نسبی وضعیت اقلیمی	نیمه مطلوب

کد	متغیر کلیدی	حالت	شرح حالت‌های احتمالی	وضعیت
		F2	بهبود کامل وضعیت اقلیمی	مطلوب
		F3	ادامه روند موجود	ایستا
		F4	تشدید وضعیت موجود	نیمه‌بحرانی
		F5	فجایع اقلیمی	بحرانی

٥. ٥. تهیه سبد سناریو

پس از تهیه فهرست وضعیت‌های احتمالی، به طراحی پرسش‌نامه در قالب ماتریس متقاطع کلیدی پرداخته شد و در اختیار جامع آماری پژوهش قرار گرفت. نتایج پرسش‌نامه داده‌های لازم را برای تدوین سناریو توسط نرم‌افزار Scenario wizard فراهم کرد. با نگرش به این امر که در اینجا هدف تهیه سناریوهای ممکن از ۲٤ وضعیت احتمالی مربوط به شش عامل کلیدی است، انتظار می‌رود بیش از ٤٥١۰ سناریوی تلفیقی محتمل از میان این وضعیت‌های احتمالی استخراج شود که در برگیرنده همه حالات پیش‌روی امنیت آبی شهرستان تایباد باشد. نتایج به‌دست‌آمده از نرم‌افزار Scenario wizard نشان داد که پنج سناریو با سازگاری قوی و محتمل پیش‌روی بحران آب در این شهرستان وجود دارد. شکل ۳ تابلوی سناریوهای با سازگاری قوی را نشان می‌دهد. در این تابلو رنگ‌های سبز وضعیت کاملاً مطلوب، آبی نشان‌دهنده وضعیت نیمه‌مطلوب، رنگ زرد بیانگر وضعیت ایستا، رنگ صورتی وضعیت در آستانه بحران و رنگ قرمز نشان‌دهنده وضعیت بحرانی است. تابلوی سناریوهای قوی از ۱۸ وضعیت احتمالی مربوط به پنج سناریو با سازگاری قوی و محتمل تشکیل شده است.



شکل ۳. تابلو سناریوها محتمل و قوی فراروی بحران آب در شهرستان تایباد

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

همان‌گونه که در شکل ۳ دیده می‌شود، تعداد وضیت بحرانی بر دیگر وضعیت‌های ممکن برتری دارد. از میان وضعیت‌های احتمالی، ۳۸/۸۸ درصد وضعیت بحرانی، ۲۲/۲۲ درصد وضعیت نیمه‌بحرانی، ۱٦/٦٦ درصد وضعیت ایستا، ۱۱/۱۱ درصد وضعیت نیمه‌مطلوب و ۱۱/۱۱ درصد وضعیت مطلوب داشتند.

۵. ٦. گروه‌بندی و تحلیل سناریوهای قوی

سناریوهای قوی با در نظر داشتن ویژگی و وضعیت‌های حاکم بر آن‌ها به سه گروه تقسیم می‌شوند و برای هر گروه سناریو تدوین می‌شود.

۵. ٦. ۱. گروه نخست: محتمل‌ترین سناریو، سناریوی بحرانی

این سناریو با توجه به نتایج تحقیق، محتمل‌ترین سناریوی ممکن شناخته شد. با نگرش به کاهش شدید میزان بارش‌ها در روند بلندمدت، شهرستان تایباد با کمبود آب روبه‌رو خواهد شد. این کمبود آب با گسترش سطح زیر کشت محصولات پُرآب‌بر تشدید می‌شود و به فرونشست زمین خواهد انجامید. با گسترش سطح زیر کشت محصولات آب‌بر، نیاز به استفاده

از منابع آبی نیز افزایش خواهد یافت، اما با نگرش به افزایش شدید دما، تبخیر و تعرق محصولات نیز افزایش خواهد یافت و درنتیجه نسبت بازدهی آبیاری به مصرف آب کاهش خواهد یافت. همچنین با افزایش برداشت آب از آب‌های زیرزمینی، منابع آب شیرین قابل‌استفاده در شهرستان تایباد کاهش خواهند یافت. انتقال گسترده آب از چاه‌های عمیق تایباد به سنگ معدن سنگان خواف مزید بر علت است؛ بنابراین در آینده، تایباد با چالش‌های جدی بر سر فراهم‌سازی آب درگیر خواهد شد. کمبود آب و کاهش راندمان آبیاری به کاهش عملکرد محصولات کشاورزی و افزایش هزینه‌های تولید خواهد انجامید. همچنین فرونشست زمین و گسترش سطح زیر کشت محصولات آب بر باعث خسارت به منابع طبیعی و محیط‌زیست منطقه خواهد شد. مدیریت ناکارآمد منابع آب بر وضعیت موجود دامن خواهد زد و شرایط بحرانی فراروی مسئله آب در این شهرستان قرار خواهد داد. احتمال کوچ گسترده از شهرستان تایباد به علت کاهش شدید منابع آب رخ خواهد داد.

۵. ٦. ۲. گروه دوم: سناریوی با تغییرات آهسته، ادامه روند موجود

با نگرش به تغییرنکردن چشمگیر در میزان بارش‌ها، کمبود منابع آب آشامیدنی و آبیاری به‌شدت افزایش می‌یابد و به کاهش کیفیت آب شرب و نارضایتی عمومی در جامعه می‌انجامد. ادامه روند صادرات آب مجازی با کشت محصولات آب‌بر به کاهش منابع آب در شهرستان منجر شده و باعث کاهش سطح تولید و رشد اقتصادی شهرستان می‌شود. انجام‌نشدن هیچ تلاشی برای افزایش راندمان آبیاری، باعث هدررفت منابع آب و کاهش بهره‌وری در کشاورزی می‌شود و به نابودی سطح آب‌های زیر زمینی و کاهش تولید محصولات کشاورزی می‌انجامد. از سویی مصرف گسترده و بدون تغییرات درخورتوجه آب در بخش کشاورزی، باعث افزایش ورشکستگی آب در منطقه و کاهش تنوع محصولات خواهد شد. این وضعیت ممکن است باعث افزایش هزینه‌های تولید و نابودی بخش کشاورزی شده و در انتها برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی باعث بروز مشکلاتی همچون پایین‌آمدن سطح سفره‌های آب زیرزمینی، افزایش هزینه آب، کاهش سطح تأمین آب، فشردگی خاک، کاهش کیفیت آب و نشست زمین می‌شود. این وضعیت ممکن است به

درگیری بر سر منابع آب بین ساکنان و نارضایتی عمومی، کاهش سطح تولید و گسترش فقر و بیکاری در شهرستان تایباد بینجامد.

۵. ٦. ۳. گروه سوم: ضعیف‌ترین سناریو، سناریوی مطلوب

با نگرش به کاهش میزان دما و افت تبخیر و تعرق، مصرف آب در مناطق کشاورزی و باغات رو به کاهش می‌نهد. این وضعیت به صرفه‌جویی در برداشت از منابع آبی و حفظ منابع آبی می‌انجامد. با کاهش کشت محصولات پرآب‌بر و توسعه کشت محصولات کم‌آب‌بر، نیاز به آب در سطح شهرستان کاهش می‌یابد که این عمل به حفظ منابع آب می‌انجامد و به تأمین نیازهای شهرستان در زمینه غذایی نیز کمک خواهد کرد. با مدیریت منابع آب به‌صورت کارآمد و بهینه، استفاده از روش‌های جدید و پایدار در جمع‌آوری، تصفیه و توزیع آب اقدام با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در کشاورزی و باغداری صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش بهره‌وری منابع آب انجام می‌شود. با نگرش به کاهش تبخیر و تعرق، احتمال کمبود آب در شهرستان کاهش می‌یابد و منابع آبی به‌صورت پایدار تأمین می‌شود.

۵. ۷. بحث

آب نقش بسزایی در تمام فعالیت‌های روزانه انسان‌ها دارد و مصرف کلی آن به دلیل افزایش جمعیت و استانداردهای زندگی بشر، پیوسته رو به افزایش است. کشور ایران که ۸۵ درصد از مساحت آن درگیر آب و هوای خشک و نیمه‌خشک است (سامعیان و همکاران، ۲۰۲۰، ص. ۲)، با بحران جدی آب روبه‌رو است (جورجیان و قبادیان، ۲۰۱۵، ص. ۷۵۱). بحران آب به‌اندازه‌ای در ایران جدی است که ٥٠/٦٦ درصد (٤٠٥ از ٦٠٩) از سفره‌های زیرزمینی در وضعیت بحرانی قرار دارند (میرزاوند و باقری، ۲۰۲۰، ص ۸۹). بیشتر رودخانه‌ها، چشمه‌ها، دریاچه‌ها و تالاب‌ها از میان رفته‌اند؛ به‌گونه‌ای‌که این سرزمین با ورشکستگی آب روبه‌رو است (مدنی، ٢٠١٤، ص. ۳۱۵). در این میان، میانگین بارندگی سالانه کشور تنها حدود ۲۵۰ میلی‌متر است که نزدیک به یک‌سوم میانگین جهانی است (زرگان و ویز–موسوی، ٢٠١٦، ص. ۱). با وجود این شرایط، کشاورزی با سهم تقریبی نُه درصد در تولید ناخالص داخلی و تأمین ۱۸ درصد از کل اشتغال، یکی از ارکان اصلی اقتصاد

ایران به‌شمار می‌رود و ۹۲ درصد از آب شیرین مصرفی کشور را به خود اختصاص داده است (مسگران و همکاران، ۲۰۱٦، ص. ۵).

شهرستان تایباد در شمال خاوری ایران با میزان بارش بلندمدت ۱٦٦/۱ میلی‌متر (بسیار کمتر از سطح کشور) و اُفت مخزن بلندمدت ۲۸/٦۹- میلیون متر مکعب (آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی، ۱٤۰۱، صص. ٤-۵) با بحران شدید آب روبه‌رو است. از ۱۰۵/۸ میلیون متر مکعب آب برداشتی در سال ۱٤۰۱ در این شهرستان ۸۹/۲ میلیون متر مکعب آب به بخش کشاورزی اختصاص داشته است که از این میزان ۸۷/٦ میلیون متر مکعب آن از منابع آب زیرزمینی فراهم شده است (آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی، ۱٤۰۱، صص. ٤-۸).

مطالعات شاهدی و طالبی (۱۳۹۲) و سامعیان و همکاران (۲۰۲۲) سطح سفره‌های زیرزمینی در این منطقه از کشور را با روند منفی، در وضعیت بحرانی معرفی کردند؛ با وجود این، سند آمایش استان خراسان رضوی توسعه کشاورزی شهرستان تایباد را در اولویت برنامه‌های توسعه این شهرستان قرار داده است (سند آمایش استان خراسان رضوی، ۱۳۹۹، ص. ۱٦).

نتایج این پژوهش با بهره‌گیری از نظرهای خبرگان، وضعیت فراروی منابع آب شهرستان تایباد را بحرانی نشان دادند. یافته‌های گویای آن هستند که دست‌اندرکاران و کارگزاران محلی-ملی هنوز پیامدها و بازتاب‌های ژرف و گسترده بحران آب را در نیافته‌اند؛ ازاین‌رو تغییر در سیاست کنونی گریزناپذیر است و پیشنهاد می‌شود. وضعیت نگران کننده موجود و آینده بیمناک برخاسته از درهم‌تنیدگی مدیریت ناکارای منابع آب و تغییر اقلیم، هشدار جدی به سیاست‌گذاران، کارگزاران، رسانه‌ها، شهروندان متعهد و سمن‌ها است تا آینده این مرز و بوم را دریابند و به مسئله آینده منابع آب کشور با تأمل بنگرند.

٦. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بحران آب یکی از چالش‌های بنیادی و رو به گسترش در جهان است که بازتاب گسترده‌ای بر زندگی انسان‌ها و محیط‌زیست دارد. شهرستان تایباد، در شمال خاوری ایران طی چند دهه اخیر با بحران جدی آب روبه‌رو شده که آینده پرمخاطره‌ای فراروی این شهرستان

قرار داده است؛ ازاین‌رو در این پژوهش با بهره‌گیری از رویکرد آینده‌پژوهی، سعی شد محتمل‌ترین سناریو فراروی بحران آب در شهرستان تایباد شناسایی شود؛ بدین‌منظور در آغاز با شناسایی عوامل تأثیرگذار بر بحران آب در شهرستان تایباد با مطالعه پیشینه پژوهش و نظر خبرگان و بهره‌گیری از نرم‌افزار Micmac، شش متغیر کلیدی نقش آفرین در این بستر شناسایی شد که عبارت‌اند از: ۱- مدیریت ناکارآمد منابع آب در شهرستان تایباد؛ ۲- مصرف بی‌رویه منابع آب در بخش کشاورزی؛ ۳- تلاش برای توسعه نامناسب یا به‌عبارتی اقدامات معطوف به توسعه ناپایدار؛ ٤- برداشت بی‌رویه از سفره‌های زیرزمینی؛ ۵- کم‌توجهی به بحران آب در برنامه توسعه؛ ٦- تغییر اقلیم. طرح حالت‌های احتمالی برای برای شش متغیر کلیدی و خروجی نرم‌افزار Scenario Wizard نشان داد که وضعیت فراروی بحران آب در شهرستان تایباد بحرانی است.

برای پیشگیری از رخداد وضعیت بحرانیِ منابع آب در شهرستان تایباد نیاز به تغییر در سیاست‌های جاری و دستورکار دست‌اندرکاران است. شماری از اقدامات مؤثر در این زمینه عبارت‌اند از:

- بهینه‌سازی استفاده از منابع آب با به‌کارگیری فنون مدیریت منابع آب، بهره‌برداری بهینه و هوشمندانه منابع آب در بخش کشاورزی؛
- افزایش آگاهی عمومی درباره صرفه‌جویی در مصرف آب؛
- اجرای برنامه‌های کنترل و مدیریت منابع آب شامل نظارت بر برداشت غیرقانونی آب؛
- ترویج بهره‌گیری از روش‌های نوین آبیاری مانند آبیاری قطره‌ای و پاشش خودکار؛
- اجرای برنامه‌های کاهش هَدررفت آب در شبکه‌های توزیع آب شامل تعمیر و نگهداری مناسب؛
- اجرای برنامه‌های گردآوری و بازچرخانی آب فاضلاب؛
- ترویج استفاده از روش‌های کشت با کمترین نیاز به آب مانند کشت گلخانه‌ای؛
- بهینه‌سازی کشاورزی با بهره‌گیری از روش‌های پایدار در کشاورزی مانند آبیاری قطره‌ای، کشت محصولات مناسب برای منطقه و استفاده از روش‌های مدیریت بهینه خاک، بذر اصلاح شده و مقاوم در برابر کم‌آبی و مصرف آب در کشاورزی؛

- حفظ منابع طبیعی، حفظ جنگل‌ها، باغات و پوشش گیاهی در شهرستان که باعث حفظ نَم خاک و جلوگیری از فرسودگی خاک شده و پیامدهای بحران آب می‌شود؛
- استفاده از فناوری‌های سازگار و روزآمد در بهره‌برداری از منابع آب ازجمله آب شیرین‌کن های خورشیدی؛
- جلوگیری از انتقال گسترده آب از چاه‌های عمیق تایباد به سنگ معدن سنگان خواف.

تشکر و قدردانی

از خبرگان توانمندی که طی پژوهش، دانش و دانسته‌های خویش را سخاوتمندانه در اختیار محققان پژوهش حاضر قرار دادند و استواری پژوهش بر مشارکت و دانش آن‌ها قرارگرفته است، سپاسگزاریم.

کتابنامه

۱. آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی (۱٤۰۱). بازیابی از www.khrw.ir

۲. آفتابی، ز.، کاویانی‌راد، م.، و کاردان‌مقدم، ح. (۱٤۰۲). تبیین سناریوهای فراروی مناسبات هیدروپلیتیک رودخانه‌های مرزی ایران و عراق. *مدیریت آب و آبیاری*، *۱۳*(۲)، ۵۰۷- ٤۸۷.

۳. بهشتی، م.، بهبودی، د.، زالی، ن.، و احمدزاده دلجوان، ف. (۱۳۹۹). سناریوهای مدیریت منابع آب ایران بر مبنای رویکرد آینده‌پژوهی: مطالعه موردی شهرستان تبریز. *آینده‌پژوهی ایران*، *۵*(۲)، ۲۲۸- ۲۰۳.

٤. جهاد کشاورزی شهرستان تایباد. (۱٤۰۰). *گزارش وضعیت کشاورزی شهرستان تایباد*. منتشرنشده، ۲۵۰ صفحه.

۵. رضاییان، ا.، و رضایان، ع. ح. (۱۳۹۵). آینده‌پژوهی بحران آب در ایران به روش سناریوپردازی. *اکوهیدرولوژی*، ۳(۱)، ۱۷-۱.

٦. زینتی فخرآباد، م. م.، و عسکری‌مقدم، م. (۱٤۰۰). آینده‌پژوهی پیامدهای امنیتی بحران آب در نواحی مرزی ایران. *جغرافیا و روابط انسانی*، *٤*(۵)، ۱۷-۱.

۷. سند آمایش خراسان رضوی در افق ۱٤۰٤. (۱۳۹۹). استانداری استان خراسان رضوی. ٤۸-۱.

۸. شاهدی، م.، و طالبی حسین‌آباد، ف. (۱۳۹۲). ارائه چند شاخص کاربردی به‌منظور بررسی تعادل منابع آب و پایداری توسعه (مطالعه موردی حوضه آبریز قره‌قوم). *آب و توسعه پایدار*، *۱*(۱)، ۷۳-۷۹.

۹. صالحی، ف.، دانشور کاخکی، م.، شاهنوشی فروشانی، ن.، و ژاله رجبی، م. (۱۳۸۹). کاربرد نظریه بازی‌ها در تعیین میزان برداشت بهینه از منابع آب زیرزمینی دشت تایباد. *اقتصاد کشاورزی (اقتصاد و کشاورزی)*، *٤*(۳)، ۸۹-٦٥.

۱۰. فرمانداری شهرستان تایباد. (۱۳۹۹). *گزارش شمارهٔ ۱۱*. منتشرنشده، ۱۸۰ صفحه.

۱۱. مرکز آمار ایران (۱۳۹۵). *سرشماری عمومی نفوس و مسکن*. بازیابی از https: //phc. umsu. ac. ir/uploads/sarshomari-95.

۱۲. ولایتی، س. (۱۳۸۵). بررسی بحران آب استان خراسان. *مدرس علوم انسانی*، *۱۰*(٤۸)، ۲۱۳-۲۳٤.

13. Bolt, A., Dincer, I., & Agelin-Chaab, M. (2020). Experimental study of hydrogen production process with aluminum and water. *International Journal of Hydrogen Energy*, *45*(28), 14232-14244.
14. Brown, T. C., Mahat, V., &Ramirez, J. A. (2019). Adaptation to future water shortages in the United States caused by population growth and climate change. *Earths Future*, *7*(3), 219-234.
15. Bănăduc, D., Simić, V., Cianfaglione, K., Barinova, S., Afanasyev, S., Öktener, A., & Curtean-Bănăduc, A. (2022). Freshwater as a sustainable resource and generator of secondary resources in the 21st century: Stressors, threats, risks, management and protection strategies, and conservation approaches. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(24), 16570.
16. Biswas, A. K., & Tortajada, C. (2019). Water crisis and water wars: myths and realities. *International Journal of Water Resources Development*, *35*(5), 727-731.
17. Boelens, R., & Vos, J. (2012). The danger of naturalizing water policy concepts: water productivity and efficiency discourses from field irrigation to virtual water trade. *Agricultural Water Management*, *108*(1), 16-26.
18. Cook, C., & Bakker, K. (2012). Water security: Debating an emerging paradigm. *Global Environmental Change*, *22*(1), 94-102.
19. de Souza Moreira, F., Lopes, M. P. C., de Freitas, M. A. V., & de Souza Antunes, A. M. (2021). Future scenarios for the development of the desalination industry in contexts of water scarcity: A Brazilian case study. *Technological Forecasting and Social Change*, *167*, 120727.

20. Gao, Q., Fang, C., Liu, H., & Zhang, L. (2021). Conjugate evaluation of sustainable carrying capacity of urban agglomeration and multi-scenario policy regulation. *Science of the Total Environment*, *785*, 147373.
21. Gorjian, S., & Ghobadian, B. (2015). Solar desalination: A sustainable solution to water crisis in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *48*, 571-584.
22. Grecksch, K. (2019). Scenarios for resilient drought and water scarcity management in England and Wales. *International Journal of River Basin Management*, *17*(2), 219-227.
23. Grey, D., & Saddof, C. W. (2007). Sink or swim? Water security for growth and development, *Water Policy*, *9*(6), 545- 571.
24. Grey, D., Garrick, D., Blackmore, D., Kelman, J., Muller, M., & Sadoff, C. (2013). Water security in one blue planet: Twenty-first century policy challenges for science. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, *371*(2002), 20120406.
25. Haglund, W. D., & Sorg, M. H. (2002). *Human remains in water environments*. *Advances in forensic taphonomy: Method, theory, and archaeological perspectives*, Florida: CRC Press.
26. Jiang, Y. (2015). China's water security: Current status, emerging challenges and future prospects. *Environmental Science & Policy*, *54*, 106-125.
27. Khatibi, Sh., & Arjjumend, H. (2019). Water crisis in making in Iran. *Grassroots Journal of Natural Resources*, *2*(3), 2581-6853
28. Kuzdas, C., Warner, B., Wiek, A., Yglesias, M., Vignola, R., & Ramírez-Cover, A. (2016). Identifying the potential of governance regimes to aggravate or mitigate local water conflicts in regions threatened by climate change. *Local Environment*, *21*(11), 1387-1408.
29. Madani, K. (2014). Water management in Iran: What is causing the looming crisis? *Journal of Environmental Studies and Sciences*, *4*, 315-328.
30. Martinez- Alier, J. (2002). Ecological debt and property rights on carbon sinks and reservoirs, *Capitalism Nature Socialism*, *13*(1). 115-119.
31. Mesgaran, M., Madani, K., Hashemi, H., & Azadi, P. (2016). *Evaluation of land and precipitation for agriculture in Iran*. Standford Iran 2040 Project, Retrieved from https:// iranian- studies. stanford.edu/ iran- 2040- project/ publications/ evaluation-land-and-precipitation-agriculture-iran
32. Mirzavand, M., & Bagheri, R. (2020). The water crisis in Iran: Development or destruction? *World Water Policy*, *6*(1), 89-97.
33. Nagel, S. S. (2002). The water crisis: A global opportunity. *International Journal of Water Resources Development*, *18*(2), 159-167.
34. Owusu, P. A., Asumadu-Sarkodie, S., & Ameyo, P. (2016). A review of Ghana’s water resource management and the future prospect. *Cogent Engineering*, *3*(1), 1164275.
35. Pachauri, R. K., Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., & van Ypserle, J. P. (2014). *Climate change 2014: Synthesis report*.

Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (p. 151). Ipcc.
36. Petelet-Giraud, E., Cary, L., Cary, P., Bertrand, G., Giglio-Jacquemot, A., Hirata, R., & Aurouet, A. (2018). Multi-layered water resources, management, and uses under the impacts of global changes in a southern coastal metropolis: When will it be already too late? Crossed analysis in Recife, NE Brazil. *Science of the Total Environment*, *618*, 645-657.
37. Saemian, P., Tourian, M. J., AghaKouchak, A., Madani, K., & Sneeuw, N. (2022). How much water did Iran lose over the last two decades? *Journal of Hydrology: Regional Studies*, *41*, 101095.
38. Salameh, M. T. B., Alraggad, M., & Harahsheh, S. T. (2021). The water crisis and the conflict in the Middle East. *Sustainable Water Resources Management*, *7*, 1-14.
39. Sarparast, M., Ownegh, M., & Sepehr, A. (2020). Evaluating the impacts of combating-action programs on desertification hazard trends: A case study of Taybad-Bakharz region, northeastern Iran. *Environmental and Sustainability Indicators*, *7*, 100043.
40. Siwar, C., & Ahmed, F. (2014). Concepts, dimensions and elements of water security. *Pakistan Journal of Nutrition*, *13*(5), 281.
41. Soussan, J., Arriens, W. L. (2004). *Poverty and water security: Understanding how water affects the poor*. Retrieved from https:// www.adb.org/ publications/ poverty-and-water-security-understanding-how-water-affects-poor
42. Swyngedouw, E. (2005). Dispossessing H2O: The contested terrain of water privatization. *Capitalism Nature Socialism*, *16*(1), 81-98.
43. UN. (2022). *World-population*. Retieved from https: //www.un. org/en/desa/world-population-projected-reach-98-billion2050-and-112-billion-2100
44. UNICEF. (2021). *Water scarcity*. Retieved from https: //www.unicef.org/ wash/water-scarcity
45. Wada, Y., de Graaf, I. E., & van Beek, L. P. (2016). High-resolution modeling of human and climate impacts on global water resources. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, *8*(2), 735-763.
46. Wolf, A. T. (2007). Shared waters: Conflict and cooperation. *Annual Review of Environment and Resources*, *32*, 241–269.
47. Yan, D. H., Wang, H., Li, H. H., Wang. G., Qin, T. L., Wang, D. Y., & Wang, L. H. (2012). Quantitative analysis on the environmental impact of large- scale water transfer project on water resource in a changing environment. *Journal of Hydrology and Earth System Sciences*, *1*, 2685-2702.
48. Zakeri, B., Hunt, J., Laldjebaev, M., Laldjebaev, M., Krey, V., Vinca, A., Parkinson, S., & Riahi, K. (2022). Role of energy storage in energy and water security in central Asia. *Journal of Energy Storage*, *50*(1), 104587.

49. Zargan, J., & Waez-Mousavi, S. M. (2016). Water crisis in Iran: Its intensity, causes and confronting strategies. *Indian Journal of Science and Technology*, *9*(44), 1-6.